"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و پنجم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

اثر تنش خشکی، مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی و روش کاشت بذر بر عملکرد علوفه ذرت سیلویی سینگل کراس ۷۰۴ (*Zea mays* L.)

Effect of drought stress, integrated application of chemical and organic fertilizers and seed sowing method on forage yield of silage maize (*Zea mays* L. cv. SC704)

سیداحمد پورجمشید[۱]، علی مشطی[۲]، سیدعطاءاله سیادت[۳]، محمدرضا مرادی تلاوت[۴] و آیدین خدایی جوقان[۵]

چکیده

پورجمشید، س. ا.، ع. مشتطی، س .ع. سیادت، م .ر. مرادی تلاوت و آ. خدایی جوقان. ۱۴۰۲. اثر تنش خشکی، مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی و روش کاشت بذر بر عملکرد علوفه ذرت سیلویی (*Zea mays* L.) سینگل کراس ۷۰۴. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۵ (۲): ۱۸۹ -۱۷۰.**

به منظور ارزیابی واکنش صفات فیزیولوژیک و عملکرد علوفه ذرت سیلویی به مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن و کمپوست بقایای نیشکر و روش کاشت در شرایط تنش خشکی، آزمایشی مزرعه‌ای به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تابستان ۱۴۰۰ در شهرستان رامهرمز استان خوزستان اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد (بدون تنش، شاهد)، ۵۰ درصد (تنش ملایم) و ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش شدید) (کرت‌های اصلی)، تیمارهای کودی شامل ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن، ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست، ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست، ۲۵ درصد نیتروژن+ ۷۵ درصد کمپوست و ۱۰۰ درصد کمپوست (کرت‌های فرعی) و روش کاشت در بالای پشته و کف جوی (کرت‌های فرعی فرعی) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه خشک در تیمارهای تنش خشکی ملایم و شدید (به‌ترتیب ۲۰۱۹۳ و ۱۳۷۷٤ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کاشت در کف جوی بدست آمد. بیشترین محتوای کلروفیل در شرایط بدون تنش (۴/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن و کاشت در کف جوی و در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید (به ترتیب ۲/۸ و ۲/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کاشت در کف جوی به دست آمد. محتوای آب نسبی برگ و پایداری غشای سلول در شرایط آبیاری مطلوب در بین تیمارهای کودی اختلاف زیادی نداشتند، اما در شرایط تنش‌های ملایم و شدید، تیمارهای تلفیقی نسبت به تیمارهای کاملا شیمیایی و آلی و حتی تیمار کمتر از ۵۰ درصد کمپوست، برتر بودند. نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط تنش خشکی، مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کمپوست و کاشت در کف جوی به علت بهبود شرایط رشد گیاه، از کاهش اغلب صفات فیزیولوژیک و عملکرد علوفه گیاه ذرت جلوگیری کرد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق به‌نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی و کمبود منابع آبی و حتی در شرایط بدون تنش، مصرف مقادیر بهینه کمپوست بقایای نیشکر به عنوان یک نهاده آلی بوم‌سازگار و روش کاشت در کف جوی می‌تواند باعث بهبود رشد و عملکرد علوفه ذرت شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، ذرت علوفه‌ای، رطوبت خاک، کلروفیل و کمپوست بقایای نیشکر

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۶

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۲- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: A.moshatati@asnrukh.ac.ir)
۳- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۴- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۵- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

Effect of drought stress, integrated application of chemical and organic fertilizers and seed sowing method on forage yield of silage maize (*Zea mays* L. cv. SC704)

Pourjamshid. S.A.[1], A. Moshatati[2], S.A. Siadat[3], M.R. Moradi Telavat[4] and A. Khodaei Joghan[5]

ABSTRACT

Pourjamshid. S. A., A. Moshatati, S. A. Siadat, M. R. Moradi Telavat and A. Khodaei Joghan. 2023. Effect of drought stress, integrated application of chemical and organic fertilizers and seed sowing method on forage yield of silage maize (*Zea mays* L. cv. SC704)**. Iranian Journal of Crop Sciences. 25(1): 170-189. (In Persian).**

Introduction: As one of the most important crops in Khuzestan, Iran, forage maize production faces limitations such as deficincy of water resources in summer, low soil organic matter content, heavy soil texture and soil salinity, which can be resolved by appropriated nutrition management and planting method to reduce some of these problems. To improve soil fertility, integrated application of chemical and organic fertilizers is eco-friendly and economically sustainable. The integarated application of organic and biological fertilizers in combiation with chemical fertilizers is an important integrated plant nutrition management strategy for sustainable productivity and production in cropping systems.
Materials and Methods: To evaluate the physiological traits and yield of silage maize with with integrated application of nitrogen fertilizer and sugarcane residue compost and seed sowing method under drought stress conditions, a field experiment was carried out in split split plot layout in randomized complete block design with three replications in 2021 summer in Ramhormoz, Khuzestan province, Iran. Treatments included irrigation after 30% (non-stress), 50% (moderate stress) and 70% (severe stress) deplation of available soil water (main plots), fertilizer treatments included 100% of nitrogen fertilizer requirement; 75% nitrogen + 25% compost, 50% nitrogen + 50% compost, 25% nitrogen + 75% compost and 100% compost (sub plots) and sowing methods, top of beds and in furrows (sub-sub plots). Samples of fresh forage were used to determine the relative water content (RWC), dry matter content and the dry forage yield. The leaf greenness index (SPAD) was measured using a portable chlorophyll meter at the 50% flowering stage on the fully developed leaf. Forage quality traits were measured using near infrared spectroscopy (NIR).
Results: The results showed that the highest values of SPAD, chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, RWC and cell membrane stability were obtained in 100% chemical fertilizer treatment under well irrigated condition. However, under modeate and severe drought stress conditions, combination of chemical and organic treatments with the 50% nitrogen and 50% compost of sugarcane residues had higher values. The maximum dry forage yield was obtained under well irrigated treatment, 100% chemical fertilizer and in furrow seed sowing. However, under moderate and severe stress conditions, the highest dry matter yield were obtained in integrated fertilizer application treatments and in furrow sowing. The lowest dry forage yiled was obtained in 100% organic fertilizer treatment and sowing on top of the bed. Under mild and even severe stress conditions, in furrow sowing method in comparison with the top of the bed, the effect of drought stress was mitigated, mainly due to better and longer condition for uptake of moisture and nutrients available for maize plants.
Conclusion: According to the results, it can be concluded that in furrow sowing method, better moisture could be preserved for longer time and optimal application of sugarcane compost as an organic input can improve the physical, chemical and biological properties of the soil, thus providing nutrients, especially nitrogen, and their slow release during the plant growth period which in turn may reduce the negative effect of drought stress and improve growth and yield of forage maize under the conditions of Khuzestan province.

Key words: Chlorophyll, Forage maize, Irrigation, Soil moisture conten and Sugarcane residue compost

---

Received: July, 2023 Accepted: October, 2023

1. PhD Student, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
2. Assistant Prof., Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran (Corresponding author) (Email: A.moshatati@asnrukh.ac.ir)
3. Professor, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
4. Associate Prof., Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
5. Assistant Prof., Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) از مهم‌ترین گیاهان زراعی غلاتی جهان است که از نظر سطح زیر کشت پس از گندم و برنج رتبه سوم و از نظر عملکرد دانه، رتبه اول را داشته (FAO, 2023) و بیشتر به منظور تولید دانه و علوفه سیلویی کشت می‌شود (Siadat *et al.*, 2021). کمبود آب از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی دنیا محسوب می‌شود. تنش خشکی با اثر بر فرایندهای فیزیولوژیک و رشد و نمو گیاهی، باعث کاهش زیست توده و افت عملکرد گیاه می‌شود. از دیگر پیامدهای فیزیولوژیک تنش خشکی بر گیاه، کاهش محتوای آب نسبی برگ است. در شرایط کمبود محتوای آب نسبی برگ در گیاه، کارکرد غشاهای سلولی مختل شده و پایداری خود را از دست می‌دهند. از عوامل مهم کاهش دهنده رشد و عملکرد گیاه ذرت، مدیریت نامناسب آبیاری همراه با مصرف نامناسب کود نیتروژن است (Norwood, 2000).

زراعت و تولید ذرت به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای و سیلویی در خوزستان، با محدودیت هایی مثل کمبود منابع آبی در تابستان، پایین بودن محتوای ماده آلی خاک، سنگین بودن بافت خاک و شوری خاک مواجه است که می‌توان با مدیریت تغذیه و روش کاشت صحیح، برخی از این مشکلات را کاهش داد. یکی از راه کارهای تعدیل اثر نامطلوب تنش خشکی و افزایش ماده آلی خاک، استفاده از مواد طبیعی مانند کودهای آلی است. یکی از کودهای آلی مؤثر که در استان خوزستان به وفور تولید شده و اخیراً مورد توجه قرار گرفته است، کمپوست بقایای نیشکر است. کمپوست بقایای نیشکر یک ماده آلی شبیه پیت است که باعث نرمی بافت خاک و افزایش تهویه، جذب رطوبت و ظرفیت نگهداشت آب خاک می‌شود. کمپوست بقایای نیشکر، عناصر غذایی را به آرامی و به صورت یکنواخت در خاک رها کرده و گیاه به آسانی آنها را جذب می‌کند. کمپوست تولید شده از باگاس و فیلتر کیک نیشکر حاوی عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم و عناصر ریزمغذی و سایر مواد مورد نیاز گیاهان است (Chattha *et al.*, 2019). پایین بودن حاصلخیزی خاک یکی از محدودیت‌های تولید پایدار گیاهان زراعی است. برای اصلاح حاصلخیزی خاک، مصرف ترکیبی کودهای شیمیایی و آلی در بوم نظام‌های اکولوژیک و سازگار یافته با طبیعت مورد توجه قرار گرفته که از نظر اقتصادی نیز پایدار است. استفاده از کود های آلی و زیستی به صورت تلفیق با کودهای شیمیایی، مهم‌ترین راهبرد تغذیه تلفیقی گیاه برای مدیریت پایدار بوم نظام کشاورزی و افزایش تولید درکشاورزی پایدار است.

نتایج تحقیقات برخی از پژوهشگران نشان داده است که مصرف مواد آلی مثل کودهای حیوانی و کمپوست‌ها باعث افزایش تحمل گیاه به تنش‌ها از جمله تنش خشکی (Macilwain, 2004)، افزایش رشد و عملکرد گیاه (Kumar *et al.*, 2005) و همچنین کیفیت و سلامت محصول می‌شوند (Gilesm, 2004). رنگیزه‌های گیاهی اولین دریافت کننده‌های تابش و عاملی مهم در تولید محصول هستند (Jaleel *et al.*, 2009). گزارش شده است که تنش‌های شوری و خشکی در گیاه ذرت باعث کاهش میزان کلروفیل a، b و افزایش کاروتنوئیدها می‌شود (Rahman *et al.*, 2004). صافی و همکاران (Safi *et al.*, 2022) در بررسی واکنش صفات فیزیولوژیک و کیفی تریتیکاله به کمپوست بقایای نیشکر در شرایط تنش خشکی گزارش دادند که تنش خشکی باعث کاهش پایداری غشای سلول، محتوای رطوبت نسبی برگ، کلروفیل a، b، کلروفیل کل، عملکرد دانه و افزایش کاروتنوئیدها شد و افزایش مصرف کمپوست بقایای نیشکر باعث کاهش اثر منفی ناشی از تنش خشکی بر صفات فوق از ۶ تا ۴۶ درصد

شد. زارع و همکاران (Zare *et al.*, 2016) در بررسی اثر کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر کاهش اثر نامطلوب تنش آبی بر رشد و ترکیبات شیمیایی ذرت داشتند بیان کردند که در شرایط تنش کم آبی، با مصرف ورمی‌کمپوست، به دلیل بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش قدرت نگهداری رطوبت، علاوه بر بالا بردن تحمل گیاه در برابر تنش کم آبی، باعث افزایش عملکرد ماده خشک و عناصر غذایی در اندام های هوایی ذرت شد. اسماعیلیان و همکاران (Esmaeilian *et al.*, 2014) گزارش دادند که در شرایط تنش خشکی، تیمار تلفیقی شیمیایی و آلی (۵۰ درصد کود شیمیایی و ۵۰ درصد کود دامی) نسبت به کاربرد هر یک به تنهایی، باعث افزایش عملکرد دانه آفتابگردان و سایر صفات مورد مطالعه شد. در ارزیابی عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک ذرت با مصرف همزمان کودهای شیمیایی و زیستی در شرایط تنش خشکی گزارش شد که در شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه و کلروفیل a در تیمار تلفیقی کود شیمیایی+ کود زیستی بالاتر بود و در شرایط تنش، تیمار تلفیقی باعث کاهش اثر منفی تنش شد، ولی میزان کلروفیل a نسبت به کلروفیل b کاهش بیشتری داشت (Amani *et al.*, 2017). در آزمایش دیگری با بررسی اثر تنش رطوبتی، کودهای شیمیایی نیتروژن دار و آلی و تلفیق آنها بر عملکرد ذرت گزارش شد که در شرایط تنش، بیشترین عملکرد دانه و سایر صفات گیاهی مورد بررسی از تیمار تلفیقی کود نیتروژن و کود دامی حاصل شد (Majidian *et al.*, 2008).

به دلیل محدودیت منابع آبی و ضرورت صرفه جویی در مصرف آب، روش کاشت بذر در داخل جوی در سال‌های اخیر در برخی از گیاهان زراعی از جمله ذرت استفاده شده است. در روش کاشت در کف جوی در ذرت به دلیل برخورداری بیشتر گیاه از رطوبت و مواد غذایی، شستشوی نمک از پیرامون ریشه و بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک، اثر ناشی از تنش شوری و در پی آن تنش خشکی کاهش یافته و رشد و توسعه برگ‌ها، تولید سبزینه و شاخص سبزینگی افزایش می‌یابد (Fahong *et al.*, 2004). در این خصوص دوانی و همکاران (Davani *et al.*, 2016) در بررسی اثر روش کاشت بر عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به شوری در ذرت گزارش دادند که روش کاشت در کف جوی بیشترین میزان کلروفیل a، b و محتوای نشاسته نسبت به سایر روش‌های کاشت را داشت. گزارش شده است که در ذرت در روش کاشت در کف جوی و مصرف ۳۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر نسبت به روش کاشت در بالای پشته و سایر روش‌های کاشت؛ تعداد دانه در بلال، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و شاخص کلروفیل برگ (عدد اسپد) بیشتر بود (Tahmasebi *et al.*, 2022). نتایج یک آزمایش دیگر روی ذرت شیرین نشان داد که روش کاشت در کف جوی باعث افزایش عملکرد دانه و سایر صفات گیاهی شد و عملکرد دانه در روش کاشت در کف جوی (۸۹۱۰ کیلو گرم در هکتار) نسبت به روش کاشت در بالای پشته (۶۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) بیشتر بود (Nasrolah Alhossini *et al.*, 2014).

با توجه به نقش مهم گیاه ذرت در تأمین علوفه دام‌های کشور و آسیب جدی تنش خشکی و کمبود نیتروژن به تولید این محصول و با در نظر داشتن اهداف کشاورزی پایدار مبنی بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی و رفع کمبود علوفه در فصل زمستان؛ این پژوهش به‌منظور ارزیابی واکنش صفات فیزیولوژیک و عملکرد ذرت سیلویی به روش کاشت و مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن و کمپوست بقایای نیشکر در شرایط تنش خشکی در استان خوزستان طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال ۱۴۰۰ در مزرعه آزمایشی هنرستان کشاورزی شهرستان رامهرمز

در استان خوزستان با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۶۰ متر از سطح دریا با تابستان گرم و زمستان معتدل (جدول ۱) اجرا شد.

جدول ۱- میانگین ماهانه دمای کمینه، متوسط و بیشینه و بارندگی در طول دوره رشد گیاه ذرت

Table 1. Monthly average of minimum, mean and maximum temperature and precipitation during growth duration of maize

ماه Month	دمای کمینه Min. temperature (˚C)	دمای میانگین Mean temperature (˚C)	دمای بیشینه Max. temperature (˚C)	بارندگی Precipitation (mm)
Aug. مرداد	32.9	40.2	47.5	0.0
Sep. شهریور	29.7	37.6	45.5	0.0
Oct. مهر	24.2	32.2	40.2	0.0
Nov. آبان	18.6	25	31.4	0.9

آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری در سه سطح؛ آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد (شاهد بدون تنش) (I_1)، آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد (تنش ملایم) (I_2) و آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس در عمق توسعه ریشه (تنش شدید) (I_3) در کرت‌های اصلی، پنج تیمار کودی شامل تامین کامل نیتروژن مورد نیاز گیاه با استفاده از کود شیمیایی (N_1) (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن)، ۷۵ درصد کود شیمیایی+ ۲۵ درصد کود آلی (N_2) (۱۳۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن+ ۱۲/۵ تن در هکتار کمپوست نیشکر)، ۵۰ درصد کود شیمیایی+ ۵۰ درصد کود آلی (N_3) (۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن+ ۲۵ تن در هکتار کمپوست نیشکر)، ۲۵ درصد کود شیمیایی+ ۷۵ درصد کود آلی (N_4) (۴۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن+ ۳۷/۵ تن در هکتار کمپوست نیشکر) و تامین کامل نیتروژن مورد نیاز گیاه با کمپوست بقایای نیشکر (N_5) (۵۰ تن در هکتار کمپوست نیشکر) در کرت‌های فرعی و روش کاشت به دو روش؛ کاشت بذر در بالای پشته (P_1) و کف جوی (P_2) در کرت‌های فرعی فرعی قرار داده شدند. پیش از انجام آزمایش از خاک مزرعه نمونه برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۲). کمپوست بقایای نیشکر از واحد خوراک دام شرکت کشت و صنعت کارون شهرستان شوشتر تهیه شد (جدول ۲).

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک (در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر) و کمپوست بقایای نیشکر

Table 2. Physical and chemical properties of soil (0- 30 cm depth) and sugarcane residue compost

مشخصات فیزیکی و شیمیایی Physical and chemical properties		خاک Soil	کمپوست بقایای نیشکر Sugarcane residues compost
EC ($dS.m^{-1}$)	هدایت الکتریکی	5.5	3.5
pH	اسیدیته	7.23	8.3
Organic carbon (%)	کربن آلی	1.38	35.8
N (%)	نیتروژن	0.95	1
P ($mg.kg^{-1}$)	فسفر	14.5	76
K ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم	273	5000
Bulk density ($g.cm^{-3}$)	وزن مخصوص ظاهری	1.38	-
Texture	بافت	Silty clay loam	-

برنامه زمان‌بندی آبیاری بر اساس درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک در منطقه ریشه گیاه انجام شد. عمق مدیریت آبیاری برای گیاه ۳۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. میزان رطوبت حجمی خاک در ظرفیت زراعی (FC)، نقطه پژمردگی دائم (PWP) و رطوبت قابل دسترس (AWC) به ترتیب ۳۲/۴، ۱۸/۶ و ۱۳/۸ درصد بودند. جهت تعیین زمان دقیق آبیاری برای هر تیمار، نمونه برداری از عمق نفوذ ریشه (۳۰ سانتی متر) در کرت‌های اصلی به صورت روزانه با استفاده از آگر انجام شد تا درصد رطوبت وزنی خاک مشخص شود. در صورت تخلیه رطوبت خاک به حد مورد نظر برای هر تیمار، آبیاری انجام می‌شد. رطوبت وزنی نمونه‌ها با استفاده از رابطه یک محاسبه شد (Alizadeh, 2008).

$$M(\%) = \frac{Ww - Ws}{Ws} \times 100 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

M: درصد رطوبت وزنی، Ww: وزن خاک مرطوب و Ws: وزن خاک خشک هستند.

حجم آب آبیاری با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شده و سپس آب با استفاده از پمپ و کنتور حجمی به‌صورت یکنواخت به کرت‌های مربوطه داده شد (Alizadeh, 2008).

$$Vd = MAD (\%) \times (FC\text{-}PWP) \times Rz \times A \quad \text{(رابطه ۲)}$$

V_d: حجم آب آبیاری (متر مکعب)، MAD: حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی، R_z: عمق موثر ریشه (متر) و A: مساحت کرت (مترمربع) هستند.

میزان نیتروژن مصرفی با توجه به نیتروژن قابل دسترس خاک و نیاز کودی گیاه ذرت (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) محاسبه شد (Siadat *et al.*, 2021) کود شیمیایی نیتروژن‌دار (از منبع اوره) به صورت تقسیط شده، ۵۰ درصد در مرحله ۶ تا ۸ برگی (V4-V8) و ۵۰ درصد باقیمانده پیش از ظهور گل تاجی (V12-VT) به خاک داده شد. میزان نیتروژن مورد نیاز از منبع کود آلی از حاصلضرب وزن کود آلی در محتوای نیتروژن کود و میزان نیتروژن قابل دسترس آن محاسبه شد (رابطه ۳). میزان نیتروژن قابل دسترس کود آلی، بنابر گزارش صباحی و همکاران (Sabahi *et al.*, 2008) که محتوای نیتروژن کود آلی قابل دسترس برای گیاه را در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب ۳۵ و ۲۰ درصد اعلام کردند، در نظر گرفته شد.

(رابطه ۳) وزن کود × محتوای نیتروژن کود × نیتروژن قابل دسترس = نیتروژن مورد نیاز از منبع کود آلی

کمپوست بقایای نیشکر در کرت‌های مورد نظر با خاک به‌طور کامل و با عمق مناسب مخلوط شد. پس از اعمال تیمارهای تغذیه، بذرهای ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ به دو روش؛ بالای پشته و کف جوی به‌صورت دستی کاشته شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذر در تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۱۰ به روش غلام گردشی انجام شد. مساحت هر کرت ۱۸ مترمربع (۶×۳ متر) و تراکم بوته‌ها ۹/۵ بوته در مترمربع بود. تعداد ردیف‌های کاشت در هر واحد آزمایشی چهار ردیف و فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۴ سانتی‌متر لحاظ شد. بذرها در کرت‌ها در ابتدا به صورت متراکم کشت شده و پس از سبز شدن گیاهچه‌ها در مرحله ۴ برگی تنک شدند تا تراکم ۹/۵ بوته در متر مربع حاصل شود. به‌منظور جلوگیری از تداخل تیمارهای آزمایشی، در فاصله بین کرت‌های اصلی دو ردیف نکاشت، بین کرت‌های فرعی یک ردیف نکاشت و بین تکرارها دو متر فاصله در نظر گرفته شد. عملیات برداشت ذرت سیلویی در مرحله رسیدگی شیری- خمیری دانه (R3-R4) و هنگامی که خط شیری در وسط دانه قرار داشت، در تاریخ ۱۴۰۰/۰۸/۱۰ انجام شد. جهت تعیین وزن خشک و تر علوفه، بوته‌های دو ردیف میانی با

رعایت نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه، از ارتفاع دو سانتی‌متری سطح زمین قطع و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. نمونه‌هایی از علوفه تر تیمارها به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۷۲ ساعت در آون در ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشکانده شدند. پس از تعیین درصد رطوبت نمونه‌ها، درصد ماده خشک و عملکرد علوفه خشک محاسبه شد. برای اندازه‌گیری تعداد ردیف‌های دانه در بلال و تعداد دانه‌ها در ردیف، ۱۰ بلال به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب شدند. شاخص سبزینگی برگ (عدد اسپد) به روش رینولدز و همکاران (Reynolds *et al.*, 2001) و با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD Plus502, Konica, Japan) در مرحله ۵۰ درصد گلدهی در پنج بوته و روی آخرین برگ توسعه یافته در سه نقطه از پهنک برگ قرائت و سپس میانگین پانزده قرائت به عنوان شاخص سبزینگی برگ آن کرت منظور شد. مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها در مرحله ۵۰ درصد گلدهی در جوان‌ترین برگ‌های توسعه یافته سه بوته از هر کرت به روش آرنون (Arnon, 1949) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (SPOKOL, Analytic, Germany) اندازه گیری شدند. محتوی آب نسبی برگ در اواسط مرحله گلدهی و در آخرین برگ توسعه یافته به روش ریچی و همکاران (Ritchie *et al.*, 1990) و پایداری غشای سلول به روش رینولدز و همکاران (Reynolds *et al.*, 2001) اندازه گیری شدند. صفات کیفی علوفه شامل ماده خشک قابل هضم و پروتئین خام با استفاده از روش طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک (NIR) به روش جعفری و همکاران (Jafari *et al.*, 2003) اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) با استفاده از نرم افزار SAS 9.4 انجام شد. برای مقایسه میانگین برهمکنش دوجانبه آبیاری و کود، آبیاری و روش کاشت و برهمکنش سه جانبه آبیاری و کود و روش کاشت از روش برش‌دهی فیزیکی استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی، مصرف تلفیقی کود و روش کاشت بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده ذرت سیلویی معنی‌دار بودند. برهمکنش آبیاری و تیمارهای کودی بر کلیه صفات به جز تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار بود. برهمکنش آبیاری و روش کاشت فقط بر عملکرد ماده خشک، محتوای کلروفیل b و کلروفیل کل معنی‌دار بود. برهمکنش تیمارهای کودی و روش کاشت فقط بر محتوای کلروفیل کل و عملکرد ماده خشک کل معنی‌دار بود و اثر سه جانبه آبیاری، تیمارهای کودی و روش کاشت فقط بر محتوای کلروفیل کل و عملکرد ماده خشک معنی‌دار بود.

نتایج نشان داد که حداکثر سبزینگی برگ در برهمکنش تیمارهای آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (شاهد بدون تنش خشکی) و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن بدست آمد. سبزینگی برگ در تیمارهای آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد و ۷۰ درصد (تنش خشکی ملایم و شدید) و تیمارهای تلفیقی کود نیتروژن و کمپوست بیشتر بود (جدول ۳). کمپوست بقایای نیشکر به دلیل دارا بودن عناصری از قبیل نیتروژن، آهن، منیزیوم و منگنز که در فرایند تولید کلروفیل و فتوسنتز نقش دارند باعث افزایش سبزینگی برگ می‌شود. نتایج یک آزمایش درباره واکنش صفات فیزیولوژیک و کیفی تریتیکاله و کمپوست بقایای نیشکر در شرایط تنش خشکی نشان داد که بیشترین مقدار سبزینگی برگ در مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست و کمترین مقدار آن در عدم مصرف کمپوست حاصل شد (Safi *et al.*, 2022). نتایج نشان داد که بیشترین مقدار سبزینگی برگ (۴۲/۹) در روش کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن (۴۰/۵) در

روش کاشت در بالای پشته به دست آمد (جدول ۴). به نظر می رسد که در روش کاشت در کف جوی به علت استفاده بهتر و طولانی‌تر گیاه از رطوبت و مواد غذایی، فرار املاح از پیرامون ریشه گیاه و صعود آنها به سمت بالای پشته و احتمالا بهبود فعالیت‌های ریزجانداران خاکزی، اثر منفی تنش شوری تعدیل شده و رشد و توسعه برگ، تولید کلروفیل و سبزینگی برگ افزایش می‌یابد. نتایج آزمایش طهماسبی و همکاران (Tahmasebi *et al.*, 2022) درخصوص واکنش صفات فیزیولوژیک ذرت دانه‌ای به روش کاشت و کمپوست بقایای نیشکر نشان داد که بیشترین محتوای کلروفیل برگ در روش کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن در روش کاشت بالای پشته به دست آمد.

نتایج نشان داد که در برهمکنش تیمارهای آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد آب قابل دسترس خاک (شاهد بدون تنش خشکی) و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن، حداکثر مقدار کلروفیل a (۳/۰۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) بدست آمد و حداقل مقدار آن (۱/۹۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مربوط به ۱۰۰ درصد کمپوست بود. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد و ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش خشکی ملایم و شدید)، بیشترین میزان کلروفیل a در تیمارهای تلفیقی نیتروژن و کمپوست و کمترین مقدار آن به‌ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ درصد کمپوست و ۱۰۰ درصد نیتروژن حاصل شد. به‌نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی، تیمارهای تلفیقی نیتروژن و کمپوست نسبت به تیمارهای شیمیایی و آلی، به دلیل فراهمی و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی و همچنین حفظ و ماندگاری بهتر رطوبت خاک، باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل a شده باشند. صافی و همکاران (Safi *et al.*, 2021) گزارش کردند که در تریتیکاله در شرایط تنش خشکی، بیشترین مقدار کلروفیل a در تیمار مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر به دست آمد و کمترین مقدار آن در شرایط عدم مصرف کمپوست حاصل شد. نتایج نشان داد که حداکثر مقدار کلروفیل a (۲/۱۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در روش کاشت در کف جوی و حداقل مقدار آن (۲/۰۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در روش کاشت در بالای پشته حاصل شد (جدول ۴). گزارش شده است که در ذرت بیشترین مقدار کلروفیل a با مصرف ۳۰ تن کمپوست بقایای نیشکر و کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن در عدم مصرف کمپوست و کاشت در بالای پشته به‌دست آمد (Tahmasebi *et al.*, 2022).

نتایج نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل b در برهمکنش تیمارهای آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (شاهد بدون تنش) و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن و کمترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست به‌دست آمد (جدول ۳). در کلیه سطوح آبیاری، حداکثر مقدار کلروفیل b در روش کاشت در کف جوی و حداقل مقدار آن در روش کاشت در بالای پشته به‌دست آمد (جدول ۵). تنش خشکی به‌دلیل محدودیتی که در جذب مواد غذایی در گیاه ایجاد می‌کند، باعث پلاسیدگی سلول‌ها، کاهش سطح برگ، کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی و فرایند فتوسنتز می‌شود. نتایج یک آزمایش نشان داد که در تریتیکاله در کلیه سطوح آبیاری، بیشترین مقدار کلروفیل a و b در تیمار مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر و کمترین مقدار آنها آن در شرایط عدم مصرف کمپوست حاصل شد (Safi *et al.*, 2021).

نتایج نشان داد که در برهمکنش تیمارهای آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (شاهد بدون تنش خشکی) و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن و کاشت در کف جوی، بیشترین مقدار کلروفیل کل و کمترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست و کاشت در بالای پشته به‌دست آمد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش خشکی ملایم)، حداکثر مقدار

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات و شاخص‌های گیاهی ذرت علوفه‌ای در برهمکنش تیمارهای آبیاری و مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن و کمپوست بقایای نیشکر

Table 3. Mean comparison of plant traits and indices of forage maize in interaction effect of irrigartion and integrated application of chemical fertilizer and sugarcane residue compost treatments

آبیاری Irrigation	تغذیه Nutrition	شاخص سبزینگی برگ SPAD	کلروفیل a Chl.a (mg.g^{-1} FW)	کلروفیل b Chl.b (mg.g^{-1} FW)	کاروتنوئیدها Carotenoids (mg.g^{-1} FW)	محتوای آب نسبی RWC (%)	پایداری غشای سلول Cell membrane stability (%)	تعداد دانه در ردیف بلال No. grain. row^{-1}	وزن بلال: وزن خشک کل گیاه Ear: total dry wt (%)	پروتئین خام Crude protein (%)	ماده خشک قابل هضم Digestible dry matter (%)
پس از ۳۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (بدون تنش) After 30% deplation of soil available water (non-stress)	N1	49.0a	3.08a	1.02a	1.48a	81.65b	81.4a	44.3a	42.8b	8.2a	85.9a
	N2	45.2b	2.96a	0.83b	1.45a	83.53ab	75.6b	39.5bc	42.8b	7.3bc	85.3ab
	N3	42.7c	2.77b	0.78c	1.38bc	83.36ab	77.0b	41.6ab	43.0b	7.8ab	87.0a
	N4	42.5c	2.08c	0.67c	1.37c	84.19a	75.5b	36.6c	46.2ab	7.2bc	83.41bc
	N5	39.7d	1.92d	0.59c	1.36c	76.01c	69.7c	36.3c	47.2a	6.8c	81.7c
پس از ۵۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (تنش ملایم) After 50% deplation of soil available water (moderate stress)	N1	40.8b	1.94bc	0.57a	1.66a	70.1c	62.4c	38.5a	42.0ab	7.2c	78.5b
	N2	45.1a	2.18a	0.59a	1.56b	71.6b	64.6ab	39.1a	42.0ab	7.6bc	80.0b
	N3	44.4a	2.11ab	0.58a	1.53c	74.2a	64.5ab	39.1a	39.0b	8.5a	83.9a
	N4	43.7a	2.03abc	0.50b	1.52c	72.3b	66.8a	37.9a	41.5ab	7.8ab	80.3b
	N5	40.7b	1.91c	0.46c	1.51c	69.8c	63.8c	33.1b	44.7a	7.2c	79.6b
پس از ۷۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (تنش شدید) After 70% deplation of soil available water (severe stress)	N1	37.3b	1.29d	0.38d	1.73a	62.2c	34.8c	34.1ab	47.4ab	7.3a	67.3b
	N2	39.1a	1.65bc	0.43bc	1.67b	64.5b	43.7b	32.9ab	47.1ab	7.3a	71.5a
	N3	39.5a	1.93a	0.50a	1.58c	68.4a	49.5a	34.7a	47.0ab	7.3a	71.3a
	N4	38.8a	1.85ab	0.47ab	1.57c	63.4bc	52.5a	32.3b	49.0a	6.7ab	72.4a
	N5	37.0b	1.56c	0.40dc	1.55c	61.7c	49.7a	29.9c	49.7a	6.6b	72.6a

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similsr letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

N1: ۱۰۰ درصد نیتروژن، N2: ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست، N3: ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست، N4: ۲۵ درصد نیتروژن+ ۷۵ درصد کمپوست و N5: ۱۰۰ درصد کمپوست بقایای نیشکر

N1: 100% nitrogen, N2: 75% nitrogen+ 25% compost, N3: 50% nitrogen+ 50% compost, N4: 25% nitrogen+ 75% compost and N5: 100% sugarcane residue compost

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات و شاخص‌های گیاهی ذرت علوفه‌ای در تیمارهای روش کاشت بذر

Table 4. Mean comparison of plant traits and indices of forage maize in seed sowing method treatments

روش کاشت بذر Sowing method	شاخص سبزینگی برگ SPAD	کلروفیل a Chl.a (mg.g^{-1} FW)	کاروتنوئیدها Carotenoids (mg.g^{-1} FW)	محتوای آب نسبی RWC (%)	پایداری غشای سلول Cell membrane stability (%)	تعداد دانه در ردیف No. grain. row^{-1}	تعداد ردیف دانه در بلال No. of row.ear^{-1}	ماده خشک قابل هضم Digestible dry matter (%)
Top of bed بالای پشته	40.5b	2.01b	1.58a	71.3b	59.6b	35.7b	13.1b	78.2b
In furrow کف جوی	42.9a	2.16a	1.52b	73.5a	64.7a	37.7a	13.5a	79.2a

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similsr letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

جدول ۵- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل b در برهمکنش تیمارهای آبیاری و روش کاشت ذرت علوفه‌ای

Table 5. Mean comparison of chlorophyll b content of forage maize in interaction effect of irrigation and seed sowing method treatments

آبیاری Irrigation	روش کاشت بذر Sowing method	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g^{-1} FW)
پس از ۳۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (بدون تنش) After 30% deplation of soil available water (non-stress)	Top of bed بالای پشته	0.74^{b}
	In furrow کف جوی	0.82^{a}
پس از ۵۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (تنش ملایم) After 50% deplation of soil available water (moderate stress)	Top of bed بالای پشته	0.50^{b}
	In furrow کف جوی	0.58^{a}
پس از ۷۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (تنش شدید) After 70% deplation of soil available water (severe stress)	Top of bed بالای پشته	0.41^{b}
	In furrow کف جوی	0.46^{a}

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similsr letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

کلروفیل کل در تیمار ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست و کاشت در کف جوی و حداقل مقدار آن از ۱۰۰ درصد کمپوست و کاشت در بالای پشته حاصل شد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش خشکی شدید)، بیشترین مقدار کلروفیل کل در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن و کاشت در بالای پشته مشاهده شد (جدول ۶). براساس نتایج به‌دست آمده، در شرایط آبیاری کامل، بیشترین مقدار کلروفیل از تیمار کاملا شیمیایی و در شرایط تنش خشکی (ملایم و شدید)، تیمارهای تلفیقی شیمیایی و آلی محتوای کلروفیل بیشتری داشتند، اما در کلیه سطوح آبیاری، کاشت در کف جوی نسبت به کاشت در بالای پشته، محتوای کلروفیل بیشتری داشت. در روش کاشت در کف جوی نسبت به روش کاشت در بالای پشته، احتمالا به‌علت بهره‌مندی بهتر از آب و عناصر غذایی، تعدیل تنش ناشی از یون‌های کلر و سدیم و ایجاد میکروکلیمای مناسب برای ریشه از ابتدا تا انتهای دوره رشد و نمو گیاه، باعث افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و عملکرد بهتر فتوسنتز گیاه شده است. گزارش شده است که در ذرت در روش کاشت در کف جوی باعث افزایش محتوای کلروفیل شد (Davani *et al.*, 2016).

نتایج برهمکنش اثر تیمارهای آبیاری و تغذیه نشان داد که در هر سه تیمار آبیاری، بیشترین محتوای کاروتنوئیدها مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد کودی نیتروژن و کمترین مقدار آن مربوط به ۱۰۰ درصد کمپوست بود (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی، محتوای کاروتنوئیدها افزایش یافته و با فزایش شدت تنش، مقدار آن بیشتر شد. در شرایط تنش خشکی، میزان کاروتنوئیدها افزایش می یابد تا باعث محافظت از کلروفیل‌ها در برابر اکسیداسیون نوری شود (Kafi *et al.*, 2009). با توجه به اینکه در تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی و کمپوست و کاملا آلی، کاهش میزان کاروتنوئیدها احتمالا به دلیل تامین مناسب رطوبت و عناصر غذایی، به‌ویژه نیتروژن و در نتیجه افزایش میزان کلروفیل a و b بوده است. کایا و همکاران (Kaya *et al.*, 2002) کاهش کلروفیل a، b و افزایش کاروتنوئید ذرت در اثر تنش خشکی را گزارش کرده و اظهار داشتند که کاهش کلروفیل سبب ناکارآمدی برگ ها در انجام فتوسنتز و به تبع آن نقصان رشد و عملکرد گیاه را به دنبال داشت.

جدول ۶- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل و عملکرد ماده خشک ذرت علوفه‌ای در برهمکنش تیمارهای آبیاری و مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن و کمپوست بقایای نیشکر

Table 6. Mean comparison of total chlorophyll content and total dry yield of forage maize in interaction effect of irrigartion and integrated application of chemical fertilizer and sugarcane residue compost treatments

Irrigation آبیاری	تغذیه Nutrition	روش کاشت بذر Sowing method	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg.g^{-1} FW)	عملکرد ماده خشک Total dry yield (kg.ha^{-1})
پس از ۳۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (بدون تنش) After 30% deplation of soil available water (non-stress)	N1	P1	3.91b	23877b
		P2	4.34a	25847a
	N2	P1	3.69c	22692d
		P2	3.92b	23877b
	N3	P1	3.41d	21526f
		P2	3.68c	22271e
	N4	P1	2.64f	18472h
		P2	2.88e	19083g
	N5	P1	2.46g	15725j
		P2	2.57g	16389i
پس از ۵۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (تنش ملایم) After 50% deplation of soil available water (moderate stress)	N1	P1	2.39cd	17930d
		P2	2.65abc	18839bc
	N2	P1	2.68ab	18210cd
		P2	2.87a	19326ab
	N3	P1	2.56bcd	18499bcd
		P2	2.83a	20193a
	N4	P1	2.43bcd	15925e
		P2	2.63abc	16746e
	N5	P1	2.32d	12256f
		P2	2.44bcd	13085f
پس از ۷۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (تنش شدید) After 70% deplation of soil available water (severe stress)	N1	P1	1.60f	11025de
		P2	1.74ef	11620cd
	N2	P1	1.99ced	11589d
		P2	2.19abcd	12292bc
	N3	P1	2.35abc	12780b
		P2	2.52a	13774a
	N4	P1	2.24abc	11121de
		P2	2.41ab	11576d
	N5	P1	1.88fed	10242f
		P2	2.05bcd	10865f

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similsr letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

N1: ۱۰۰ درصد نیتروژن، N2: ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست، N3: ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست، N4: ۲۵ درصد نیتروژن+ ۷۵ درصد کمپوست و N5: ۱۰۰ درصد کمپوست بقایای نیشکر. P1= بالای پشته و P2= کف جوی

N1: 100% nitrogen, N2: 75% nitrogen+ 25% compost, N3: 50% nitrogen+ 50% compost, N4: 25% nitrogen+ 75% compost and N5: 100% sugarcane residue compost. P1: sowing on top of bed and P2: sowing in furrows

نتایج نشان داد که در برهمکنش تیمارهای آبیاری و تغذیه، آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین محتوای آب نسبی برگ (۸۴/۱ درصد) در تیمار ۲۵ درصد نیتروژن+ ۷۵ درصد کمپوست حاصل شد و کمترین مقدار آن (۷۶/۰ درصد) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست به‌دست آمد (جدول ۳). در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش خشکی ملایم)، حداکثر محتوای آب نسبی برگ (۷۴/۲ درصد) در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و حداقل مقدار آن (۶۹/۸ درصد) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست به‌دست آمد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد آب قابل دسترس خاک (تنش خشکی شدید)، بیشترین محتوای آب نسبی برگ (۶۸/۴

درصـد) در تیمـار ۵۰ درصـد نیتـروژن+ ۵۰ درصـد کمپوست و کمترین مقدار آن (۶۱/۷ درصـد) در تیمـار ۱۰۰ درصد کمپوست به‌دست آمد. براساس نتـایج ایـن آزمایش تنش خشکی باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ شده و با فزایش شدت تنش، مقدار آن کمتر شد. در شرایط تنش خشکی بـه‌دلیـل بسته شـدن روزنـه‌هـا، وضعیت آبـی مختـل شـده و محتـوای آب نسبـی بـرگ کاهش می‌یابد. اما در این آزمایش مشاهده شـد کـه در کلیه سطوح آبیاری مطلـوب و تـنش خشکـی (ملایـم و شـدید)، در تیمارهـای تلفیقـی (نیتروژن+کمپوسـت) محتوای آب نسبی برگ بیشتر بود و تغذیه تلفیقی باعث کاهش اثر منفـی تـنش خشکـی بـر محتـوای آب نسبـی بـرگ شـد. گـزارش شـده است کـه در لوبیـا حـداکثر محتـوای آب نسـبی (۸۴/۶ درصـد) در تیمـار آبیـاری مطلوب و کمتـرین مقـدار آن (۵۲/۹ درصـد) در تیمـار تـنش خشـکی (۳۰ درصـد ظرفیـت زراعـی) بـود (Boroujerdnia *et al*., 2016). در بررسی اثـر کمپوسـت بقایـای نیشـکر و روش کاشـت بـر تریتیکالـه در اهـواز گزارش شد که در کلیـه سـطوح آبیـاری (شـاهد بـدون تـنش و سـطوح تـنش خشـکی)، بیشـترین محتـوای آب نسـبی بـرگ در تیمـار ۴۰ تـن در هکتـار کمپوسـت و کمتـرین مقـدار آن در تیمـار عـدم مصـرف کمپوسـت بقایای نیشکر بـه دسـت آمـد (Safi *et al*., 2021). نتـایج مقایسه میانگین‌هـا نشـان داد کـه حـداکثر محتـوای آب نسـبی بـرگ (۷۳/۵ درصـد) از روش کاشـت در کـف جـوی و حـداقل مقـدار آن (۷۱/۳ درصـد) از روش کاشت در بالای پشته به‌دست آمد (جدول ۴). دوانـی و همکـاران (Davani *et al*., 2016) نیـز در ارزیـابی اثـر تنظیم کننده‌های رشد و روش کاشـت بـر شـاخص‌هـای تحمـل بـه شـوری ذرت دانـه‌ای گـزارش کردنـد کـه بیشترین محتـوای آب نسبی بـرگ از روش کاشـت در کف جویچه‌ها به‌دست آمد.

نتایج نشان داد کـه بیشـترین پایـداری غشـای سـلول (۸۴/۱ درصد) در برهمکنش تیمار آبیاری پس از تخلیـه ۳۰ درصـد رطوبـت قابـل دسـترس (شـاهد بـدون تـنش خشـکی) و تیمـار ۲۵ درصـد نیتـروژن+ ۷۵ درصـد کمپوست وکمترین مقـدار آن (۷۱/۰ درصـد) در تیمـار ۱۰۰ درصد کمپوست بـه‌دسـت آمـد. در تیمـار آبیـاری پس از تخلیه ۵۰ درصـد رطوبـت قابـل دسـترس خـاک (تنش خشکی ملایم)، حـداکثر پایـداری غشـای سـلول (۶۶/۸ درصد) در تیمار ۲۵ درصد نیتـروژن+ ۷۵ درصـد کمپوست و حداقل مقـدار آن (۶۲/۴ درصـد) در تیمـار ۱۰۰ درصد نیتروژن به‌دست آمد. در تیمار آبیـاری پـس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسـترس خـاک (تـنش خشکی شدید)، بیشترین مقـدار پایـداری غشـای سـلول (۵۲/۵ درصد) در تیمار ۲۵ درصد نیتـروژن+ ۷۵ درصـد کمپوست و کمترین مقدار آن (۳۴/۸ درصـد) در تیمـار ۱۰۰ درصـد نیتـروژن حاصـل شـد (جـدول ۳). نتـایج حاصله نشان می‌دهـد کـه تـنش خشکی باعـث کـاهش پایداری غشای سلول شده و هرچه شدت تنش شـدیدتر شود، مقدار آن کمتر می شود. به‌نظر می‌رسـد کـه تـنش خشکی با اخلال در وضعیت آبی گیاه، باعث پلاسمولیز شـدن سـلول شـده و پایـداری غشـای سـلولی کـاهش مـی‌یابـد. نتـایج نشـان داد کـه در کلیـه سـطوح آبیـاری (شاهد، تنش ملایـم و تـنش شـدید)، تیمارهـای تلفیقـی نیتروژن و کمپوست، بیشترین پایـداری غشـای سـلول را داشتند و کمترین مقـدار آن غالبـا مربـوط بـه تیمارهـای کاملا آلی و شیمیایی بود. این موضوع نشان می‌دهد کـه تلفیق کود شیمیایی با کمپوست بـه‌دلیـل برخـورداری از عناصـر غـذایی کـافی، نگهداشـت بهتـر رطوبـت و در اختیار قرار دادن تـدریجی آن بـه گیـاه، باعـث افـزایش پایـداری غشـای سـلول شـده اسـت. مقایسـه میـانگین پایـداری غشـای سـلول در تیمارهـای روش کاشـت (جـدول ۴) نشـان داد کـه حـداکثر مقـدار آن (۷۳/۵ درصد) مربوط به روش کاشت در کف جوی و حداقل آن (۷۱/۳ درصـد) مربـوط بـه روش کاشـت در بـالای پشته بود.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشـترین تعـداد

ردیف دانه در بلال (۱۳/۵) مربوط به کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن (۱۳/۱) مربوط به کاشت در بالای پشته بود (جدول ۴). هوشمند و همکاران (Hooshmand *et al*., 2014) در آزمایشی با بررسی اثر روش کاشت بر رشد و عملکرد ذرت دانه‌ای در شرایط کم‌آبیاری گزارش کردند که بیشترین اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد زیستی در روش کاشت در کف جوی حاصل شد. مقایسه میانگین تعداد ردیف دانه در بلال در تیمارهای تغذیه (جدول ۷) نشان داد که حداکثر تعداد ردیف دانه در بلال (۱۳/۶) در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و حداقل مقدار آن (۱۲/۸) در تیمار ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست به‌دست آمد. تعداد ردیف دانه در بلال نقش مهمی در افزایش عملکرد ذرت دارد. به نظر می‌رسد که فراهمی عناصر غذایی، به خصوص نیتروژن و اثر هم‌افزایی ناشی از مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی از طریق افزایش افزایش سرعت رشد گیاه، بر تعداد ردیف دانه در بلال مؤثر بوده و باعث افزایش آن شده است. در یک آزمایش مربوط به بررسی اثر مصرف تلفیقی کود شیمیایی و زیستی نیتروژن همراه با مصرف کمپوست بقایای نیشکر بر عملکرد و کیفیت ذرت گزارش شد که بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال با مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره+کود زیستی نیتروکارا و کمترین مقدار آن در تیمار کود زیستی به تنهایی حاصل شد (Marashi and Taleb Zadeh, 2018).

جدول ۷- مقایسه میانگین تعداد ردیف دانه در بلال در تیمارهای تغذیه

Table 7. Mean comparison of number of rows per ear in nutrition treatments

تغذیه Nutrition	تعداد ردیف دانه در بلال Number of rows per ear
N1	13.3a
N2	12.8b
N3	13.6a
N4	13.4a
N5	13.3a

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similsr letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

N1: ۱۰۰ درصد نیتروژن، N2: ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست، N3: ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست، N4: ۲۵ درصد نیتروژن+ ۷۵ درصد کمپوست و N5: ۱۰۰ درصد کمپوست بقایای نیشکر

N1: 100% nitrogen, N2: 75% nitrogen+ 25% compost, N3: 50% nitrogen+ 50% compost, N4: 25% nitrogen+ 75% compost and N5: 100% sugarcane residue compost

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در ردیف بلال (۴۴/۳ دانه) در برهمکنش تیمار آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی) و تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن و کمترین مقدار آن (۳۶/۳ دانه) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست به‌دست آمد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی ملایم)، حداکثر تعداد دانه در ردیف بلال (۳۹/۱ دانه) در تیمار ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست حاصل شد که با سایر سطوح تغذیه تلفیقی به‌جز ۱۰۰ درصد کمپوست تفاوت معنی‌داری نداشت و حداقل مقدار آن (۳۳/۱ دانه) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست به دست آمد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش خشکی شدید)، بالاترین تعداد دانه در ردیف بلال (۳۴/۷ دانه) در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۲۹/۹ دانه) در تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن به‌دست آمد. در کلیه سطوح آبیاری (تنش خشکی)، تعداد دانه

در ردیف در تیمارهای تغذیه تلفیقی نسبت به شرایط کاملا شیمیایی و آلی بیشتر بود، بنابراین می‌توان اظهار کرد که مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن دار (اوره) با کمپوست بقایای نیشکر، با تأمین بهتر عناصر غذایی، به ویژه نیتروژن، همراه با بهبود خصوصیات خاک، شرایط برای افزایش جذب مواد غذایی، افزایش رطوبت قابل دسترس گیاه، بهبود تولید و عرضه مواد پرورده به بلال و افزایش عملکرد دانه فراهم می‌شود. تیمارهای تغذیه تلفیقی، به‌ویژه تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست با فراهمی و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی، می‌تواند باعث کاهش مصرف کود شیمیایی تا حدود ۵۰ درصد شود. در یک آزمایش مربوط به بررسی اثر کم‌آبیاری بخشی ریشه و کود آلی ورمی‌کمپوست بر شاخص های فیزیولوژیک و عملکرد ذرت دانه‌ای هیبرید ۷۰۴ گزارش شد که استفاده از ورمی‌کمپوست به صورت تلفیقی با کود شیمیایی باعث افزایش عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت شد (Azizpour *et al*., 2017). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر تعداد دانه در ردیف بلال (۳۷/۷ دانه) در تیمار کاشت در کف جوی و حداقل مقدار آن (۳۵/۷ دانه) در روش کاشت در بالای پشته حاصل شد. به نظر می‌رسد که روش کاشت در کف جوی به‌علت حفظ رطوبت خاک، کاهش املاح پیرامون ریشه، افزایش رشد و توسعه ساختاری ریشه، باعث افزایش جذب آب و عناصر غذایی و کاهش خسارت به گیاه در مرحله زایشی شده و در نتیجه باعث افزایش تعداد دانه در ردیف بلال شده است. در نتایج یک آزمایش در ذرت دانه‌ای در شرایط تنش کم‌آبیاری گزارش شده است که بیشترین تعداد دانه در ردیف و تعداد کل دانه در بلال در روش کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آنها در روش کاشت در وسط پشته به‌دست آمد (Hooshmand *et al*., 2014).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در کلیه تیمارهای آبیاری، بیشترین نسبت وزن بلال به وزن خشک گیاه در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست (۴۹/۷ درصد) و کمترین مقدار آن (۳۹ درصد) در تیمارهای تلفیقی نیتروژن و کمپوست، به ویژه تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست به‌دست آمد (جدول ۳). در تیمارهای با عملکرد ماده خشک بالاتر، نسبت وزن بلال کمتر بوده و بالعکس در تیمارهای با عملکرد ماده خشک پایین‌تر، نسبت وزن بلال بیشتر بود. به‌عبارت دیگر در هر سه تیمار آبیاری، تیمارهای آلی باعث بهبود نسبت وزن بلال به ماده خشک شدند. به نظر می رسد که کمپوست بقایای نیشکر از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و هوادهی بهتر به ریشه و افزایش توان جذب آب و نگه‌داری طولانی مدت آن در خاک، باعث افزایش توان فتوسنتزی گیاه و تجمع مواد در بلال‌ها شده است. در آزمایش ورناصری قندعلی و همکاران (Varnaseri Ghandali *et al*., 2018) گزارش شد که کمترین نسبت وزن گل آذین به ماده خشک در گیاه فالاریس در تیمارهای آبیاری ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد نیاز آبی و بیشترین نسبت آن در تیمار آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد که نتایج تحقیق حاضر نیز با آن مطابقت دارد.

افزایش قابلیت هضم از اهداف مهم اصلاح گیاهان علوفه‌ای است و بالا بودن قابلیت هضم باعث افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی در دام شده و یکی از مهم‌ترین شاخص‌های افزایش وزن دام و تولید شیر است (Smith *et al*., 1997). نتایج تجزیه کیفی علوفه ذرت در برهمکنش تیمارهای آبیاری و تغذیه نشان داد که در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، تیمار کاملا شیمیایی نیتروژن بیشترین مقدار ماده خشک قابل هضم را داشت وکمترین مقدار آن در تیمار کاملا آلی مشاهده شد (جدول ۳). در تیمارهای تنش خشکی ملایم و شدید، بالاترین میزان قابلیت هضم ماده خشک در تیمارهای تلفیقی، به‌ویژه تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+

۵۰ درصد کمپوست بقایای نیشکر و پایین‌ترین مقدار آن در تیمار کاملا شیمیایی در شرایط تنش شدید مشاهده شد. به نظر می‌رسد که مصرف تلفیقی کود شیمیایی و آلی از طریق ایجاد شرایط مطلوب برای بهبود فعالیت ریز جانداران خاکزی و جذب بهتر عناصر مغذی پرمصرف و کم‌مصرف، باعث افزایش زیست توده گیاهی و افزایش ماده خشک قابل هضم شده است (Halil *et al*., 2009). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار ماده خشک قابل هضم (۷۹/۲ درصد) مربوط به تیمار کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن (۷۸/۲ درصد) در کاشت در بالای پشته بود (جدول ۴). گزارش شده است که صفات کیفی در ذرت تحت تاثیر الگوی کاشت قرار گرفته و بیشترین محتوای نشاسته دانه در روش کاشت در کف جویچه مشاهده شد (Davani *et al*., 2016).

مقایسه میانگین محتوای پروتئین خام علوفه در برهمکنش تیمارهای آبیاری و تغذیه نشان داد که در در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین میزان پروتئین خام در تیمار کاملا شیمیایی و کمترین مقدار آن در تیمار کاملا آلی مشاهده شد. در تیمار تنش خشکی ملایم، بیشترین میزان پروتئین خام در تیمارهای تلفیقی، به‌خصوص تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن در تیمارهای کاملا شیمیایی و آلی به‌دست آمد، اما در شرایط تنش خشکی (شدید)، به جز تیمار کاملا آلی که کمترین میزان پروتئین خام را داشت، سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی شدید، تیمار کاملا آلی به‌علت ذخیره و نگهداشت طولانی‌تر رطوبت نسبت به تیمارهای کاملا شیمیایی و تلفیقی، اثر پذیری کمتری از پدیده تنش داشته و همین موضوع باعث کاهش میزان پروتئین خام در این تیمار نسبت به سایر تیمارها شد. لی و همکاران (Li *et al*., 2010) گزارش دادند که با کاهش سطح نیتروژن قابل دسترس خاک، مقدار پروتئین خام در زیست توده گیاه ذرت کاهش قابل توجهی داشت.

مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک در برهمکنش تیمارهای آبیاری، تغذیه و روش کاشت نشان داد که در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین مقدار عملکرد علوفه خشک (۲۵۸۴۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن و کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن (۱۵۷۲۵ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست و کاشت در بالای پشته حاصل شد. در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی ملایم)، حداکثر عملکرد علوفه خشک (۲۰۱۹۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و حداقل مقدار آن (۱۲۲۵۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست و کاشت در بالای پشته به‌دست آمد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی شدید)، حداکثر عملکرد علوفه خشک (۱۳۷۷۴کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و حداقل مقدار آن (۱۰۲۴۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست و کاشت در بالای پشته حاصل شد. تنش خشکی (ملایم و شدید) در مقایسه با شرایط بدون تنش، باعث کاهش عملکرد علوفه خشک شد، با این وجود در چنین شرایطی، استفاده از روش تغذیه تلفیقی، به‌ویژه ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست، باعث افزایش عملکرد علوفه خشک شد. به‌طوریکه در تیمار تنش خشکی ملایم و شدید، تیمار یاد شده باعث ۱۱/۲ و ۲۰ درصد عملکرد علوفه خشک نسبت به تیمار کاملا شیمیایی شد. در شرایط آبیاری مطلوب، تغذیه شیمیایی بیشترین عملکرد علوفه خشک را داشت و تغذیه تلفیقی در رتبه های بعدی قرار داشت، اما در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید، تغذیه تلفیقی نسبت به تیمارهای کاملا

شـیمیایی و آلـی، عملکـرد بـالاتری داشـتند. در کلیـه سطوح آبیاری، تیمارهای تغذیـه تلفیقـی ثبـات عملکـرد مناسـب‌تـری داشـتند، ولـی در شـرایط تـنش خشـکی، عملکرد علوفه خشک در تیمارکـاملا شـیمیایی کـاهش یافته و ثبات عملکرد ثبات کمتری داشت، به‌طوری کـه عملکرد علوفه خشک در تیمار ۱۰۰ درصـد شـیمیایی و کاشت در کف جوی در شـرایط تـنش خشـکی شـدید نسبت به تیمار بدون تنش، حدود ۵۲ درصد کمتـر بـود، ولـی عملکـرد علوفـه خشـک در تیمـار ۵۰ درصـد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کاشت در کف جـوی در شـرایط تـنش خشـکی شـدید نسـبت بـه تیمـار بدون تنش، حدود ۳۹ درصد کمتر بود که این موضوع نشان دهنـده ایـن اسـت کـه مصـرف کمپوسـت بقایـای نیشـکر بـا حفـظ و مانـدگاری رطوبـت و سـایر خـواص مثبـت، باعـث تعـدیل اثـر منفـی تـنش خشـکی شـد. نتایج پژوهش‌های قبلـی نشـان داده اسـت کـه مصـرف کودهای آلی از قبیل کمپوست‌ها به صـورت تلفیقـی بـا کودهای شیمیایی در مقایسه بـا مصـرف جداگانـه آنهـا، رشـد و عملکـرد گیاهـان زراعـی را افـزایش مـی‌دهـد (Varnaseri Ghandali *et al.*, 2018). احتمالا کمپوسـت بقایای نیشکر از طریـق افـزایش ظرفیـت نگهـداری آب و عناصر غذایی و افـزایش میـزان هورمـون‌هـای تنظـیم کننده رشـد و فعالیـت ریزسـازواره‌هـای خـاک، باعـث افـزایش رشــد و عملکــرد و اجــزای عملکــرد ذرت و در نتیجه افزایش وزن خشک بوته می‌شـود. بـه‌نظـر مـی رسد که در شرایط آبیاری مطلوب، شاخص سطح برگ و دوام سطح بـرگ افـزایش یافتـه و باعـث ایجـاد منـابع فیزیولوژیـک کـافی جهـت اسـتفاده هـر چـه بیشـتر از تـابش دریـافتی و تولیـد مـاده خشـک بیشـتر در گیاه می‌شود که این موضوع با نتایج صـافی وهمکـاران (Safi et *al.*, 2021) مطابقـت دارد. مشـتطی و همکـاران (Moshatati *et al.*, 2019) بـا ارزیـابی اثـر کـود دامـی و زئولیـت بـر عملکـرد گنـدم در شـرایط تـنش خشـکی گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش عملکـرد و اجـزای عملکـرد گنـدم شـد، ولـی در شـرایط تـنش خشکی، مصرف کود دامی و زئولیت باعث کاهش اثـر منفی تنش خشکی شده و عملکرد دانـه افـزایش یافـت. در آزمایش دیگری در بررسی اثـر ورمـی‌کمپوسـت بـر عملکرد گندم در شرایط تنش گرمایی انتهـای فصـل در اهواز گزارش شد که بیشترین عملکرد دانـه در مصـرف ۲۰ تـن در هکتـار ورمـی‌کمپوسـت حاصـل شـد کـه علت آن افزایش خلـل فـرج و ذخیـره رطوبـت بیشـتر و پایداری عناصر غذایی و تحریـک شـدن ریزموجـودات سـودمند خـاک در منطقـه فعـال ریشـه بـوده و باعـث افزایش جذب عناصـر غـذایی، توسـعه پوشـش گیـاهی، جذب بیشتر تابش و متعاقبـا افـزایش فتوسـنتز و افـزایش دوره پر شـدن دانـه و در نهایـت افـزایش عملکـرد دانـه شـد (Seimarizade *et al.*, 2020). در یـک آزمـایش روی ذرت دانــه‌ای در تیمارهــای مصــرف کمپوســت بقایــای نیشــکر و روش کاشــت گــزارش شــد کــه بیشـترین عملکـرد دانـه بـا مصـرف ۳۰ تـن در هکتـار کمپوســت و روش کاشــت در کــف جــوی حاصــل شـد (Tahmasebi *et al.*, 2022). صـافی و همکـاران (Safi *et al.*, 2022) بـا ارزیـابی اثـر کمپوسـت بقایـای نیشکر بر رشد و عملکرد دانه تریتیکاله در شـرایط تـنش خشکی داشتند گزارش کردند که با توجـه بـه اینکـه در کمپوست، عناصر غذایی به تدریج آزاد شده و در طـول دوره زندگی در اختیار گیاه قرار می‌گیرنـد و عـلاوه بـر آن هدر روی و از دسترس خارج شـدن عناصـر غـذایی آن کمتر است، حتـی در شـرایط آبیـاری کامـل و عـدم وجود تنش خشـکی، تیمارهـای ۳۰ و ۴۰ تـن در هکتـار کمپوست بقایای نیشکر، باعـث افـزایش عملکـرد دانـه، عملکرد زیستی، شاخص سـطح بـرگ، تعـداد سـنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله گیاه شدند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد کـه در تیمارهـای آبیـاری کامـل (بـدون تـنش خشـکی)، مصـرف کـود شـیمیایی

نیتروژن دار باعث افزایش عملکرد علوفه خشک و اغلب صفات فیزیولوژیک در گیاه ذرت شد، اما در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید، تیمارهای تلفیقی، به‌ویژه تیمار ۵۰ درصد کود نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست بقایای نیشکر و کاشت در کف جوی نسبت به تیمارهای کاملا شیمیایی و آلی و حتی سایر تیمارهای تلفیقی و کشت در بالای پشته، به‌علت فراهمی رطوبت و عناصر غذایی و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، باعث کاهش اثر منفی تنش خشکی بر گیاه شد، بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق به‌نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی و کمبود منابع آبی و حتی در شرایط مطلوب و بدون تنش، مصرف مقادیر بهینه کمپوست بقایای نیشکر به عنوان یک نهاده آلی بوم‌سازگار و روش کاشت در کف جوی می‌تواند باعث بهبود رشد و عملکرد علوفه ذرت در خوزستان شود. این شیوه می‌تواند باعث صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی و کاهش هزینه‌های زراعت ذرت شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی و معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که قسمتی از هزینه‌های اجرای این تحقیق را تامین کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Alizadeh, A. 2008. Soil and Plant Water Relations. Publication of Imam Reza, Mashhad, Iran. [In Persian].

Amani, N., Sohrabi, Y. and Heidari, G. 2017. Yield and some physiological characteristics in maize by application of bio and chemical fertilizers under drought levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(2), pp.65-83. [In Persian].

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, pp.1-15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1

Azizpour, S., Shahnazari, A., Ziatabar Ahmadi, M. K. and Karandish, F. 2017. Evaluation of simultaneous effect of partial root zone drying and vermicompost on some physiological characteristics of maize (*Zea mays* L.) SC704. *Journal of Water and Soil Conservation*, 24(5), pp.195-209. [In Persian]. https://doi.org/10.22069/JWSC.2017.12981.2761

Boroujerdnia, M., Bihamta, M., Alami-Saeid, Kh. and Abdossi, V. 2016. Effect of drought tension on proline content, soluble carbohydrates, electrolytes leakage and relative water content of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Pysiology Journal*, *8*(29), pp.23-41. [In Persian]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008403.1395.8.29.2.2

Chattha, M. U., Hassan, M. U., Barbanti, L., Chattha, M. B., Khan, I., Usman, M., Ali, A. and Nawaz, M. 2019. Composted sugarcane by-product press mud cake supports wheat growth and improves soil properties. *International Journal of Plant Production*, 13(2), pp.241-249. https://doi.org/10.1007/s42106-019-00051-x

Davani, D., Nabipour, M. and Roshanfekr, H. 2016. Effect of auxin, cytokinin and planting pattern on grain yield and salt tolerance indicators of maize. *Journal of Crop Production*, 9(3), pp.191-209. [In Persian]. https://doi.org/10.22069/ejcp.2016.9613.1747

Esmaeilian, Y., Galavi, M., Amiri, E. and Heidari, M. 2014. Effect of organic and chemical fertilizers on yield, yield components and seed quality of sunflower under drought stress conditions. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 24(3), pp.175-189. [In Persian].

Fahong, W., Xuqing, W. and Sayre, K. 2004. Comparison of conventional, flood irrigated, flat planting with furrow irrigated, raised bed planting for winter wheat in China. *Field Crops Research*, 87(1), pp.35-42. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.09.003

FAO. 2023. Statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations. FAO, Rome, Italy.

Gilesm, J. 2004. Is organic food better for us? *Nature*, 428, pp.796-797.

Halil, Y., Daci, M. and Tan, M. 2009. Evaluation of annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(7), pp.1337- 1342. https://doi=javaa.2009.1337.1342

Hooshmand, A., Forotan, M. and Boromandnasab, S. 2014. Evaluation of deficit irrigation and sowing pattern on yield and water use efficiency of maize (KSC-704). *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*, 37(3), pp.43-52. DOR:20.1001.1.25885952.1393.37.3.5.7

Jafari, A., Connolly, V. and Walsh, E. K. 2003. A note on estimation of quality in perennial ryegrass by Near Infrared Spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research,* 42, pp.293-299.

Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farrooq, M. and Dmjm, H. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11, pp.100-105. ISSN Online: 1814–9596 08–305/IGC-DYT/2009/11–1–100–105. Doi:1814–9596 08–305/IGC-DYT/2009/11–1–100–105.

Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jihad Daneshgahi Mashhad Press, Iran. [In Persian].

Kaya, C., Kirnak, H., Higgs. D. and Satali, K. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia Horticulturae*, 93(1), 65-74. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00313-2

Kumar, S., Rawat, C. R., Dhar, S. and Rai, S. K. 2005. Dry matter accumulation, nutrient uptake and changes in soilfertility status as influenced by different organic sources of nutrients to forage sorghum (*Sorghum bicolor*). *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 75(6), pp.340-342.

Li, H., Li, L., Wegenast, T., Longin, C. F., Xu, X., Melchinger, A. E. and Chen, S. 2010. Effect of N supply on stalk quality in maize hybrids. *Field Crops Research*, 118(3), pp.208-214. https://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2010.05.005

Macilwain, C. 2004. Is organic farming better for the environment? *Nature,* 428, pp.797-798.

Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N. and Kamgar Haghighi, A. A. 2008. Effects of moisture stress, nitrogen fertilizer, manure and integrated nitrogen and manure fertilizer on yield, yield components and

water use efficiency of SC 704 corn. *Journal of Hydrology and Soil Science*, 12(45), pp.417-432. [In Persian]. DOR:20.1001.1.24763594.1387.12.45.35.2

Marashi, S. K. and Taleb Zadeh, A. 2018. Effect of chemical and biological nitrogenous and phosphorus fertilizers under sugarcane compost consumption condition on quantitative and qualitative aspects of maize yield (*Zea mays* L.) *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 14(1), pp.1-15. [In Persian].

Moshatati, A., Khodaei Joghan, A., Siadat, S. A., Mousavi, S. H. and Rezaei, M. 2019. The effect of cattle manure and zeolite on bread wheat yield under drought stress condition. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(4), pp.1179-1188. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/escs.2019.2124.1527

Nasrolah Alhossini, M., Rahmani, A. and Khavari Khorasani, S. 2014. Investigation of planting method and plant density on some of morphological traits, yield and yield componenet of sweet corn (*Zea mays* L. Var Saccharata) varieties. *Field Crops Research*, 27(103), pp.84-85. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/AJ.2014.101209

Norwood, C. A. 2000. Water use and yield of limited-irrigated and dryland corn. *Journal of Soil Science Society of America*, 64, pp.365-370. https://doi.org/10.2136/sssaj2000.641365x

Rahman, M., Gul, S. and Ahmad, I. 2004. Effect of water stress on growth and photosynthetic pigments of corn (*Zea mays* L.) cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology,* 6(4), pp.625-655. Doi:1560–8530/2004/06–4–652–655

Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, J. I. and McNab, A. 2001. Application of Physiology in Wheat Breeding. CIMMYT.

Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. and Haloday, A. S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drough resistance. *Crop Sicence*, 30, pp.105-111. https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000010025x

Sabahi, H., Ghalavand, A. and Modares-Sanavi, S. A. M. 2008. Impacts of fertilization systems on nitrogen loss and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences,* 11(2), pp.232-237l. [In Persian]. https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.232.237

Safi, S. N., Moshatati, A., Gharineh, M. H. and Khodaei-Joghan, A. 2021. The response of physiologic and qualitative traits of triticale to sugarcane residue compost under drough stress condition. *Journal of Crop Production*, 15(2), pp.53-74. [In Persian]. https://doi.org.10.22069/EJCP.2022.19356.2443

Seimarizade, S., Moshatati, A., Bakhshandeh, A., Khodaei Joghan, A. and Koochekzadeh, A. 2021. The effect of vermicompost on yield and yield components of wheat under terminal heat stress conditions in Ahwaz. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 14(4), pp.1139-1145. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/escs.2020.3384.1853

Siadat, S. A., Modhej, A. and Esfahani, M. 2021. Cereals (yield physiology, ecological and agronomic). Publication of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. [In Persian].

Smith, K. F., Reed, K. F. M. and Foot, J. Z. 1997. An assessment of the relative importance of specific traits for the genetic improvement of nutritive value in dairy pasture. *Grass and Forage Science*, 52, pp.167-175.

Tahmasebi, M., Gharineh, M. H., Moshatati, A. and Khodaei-Joghan, A. 2022. The response of morphological and physiological traits and grain yield of corn to planting method and sugarcane residue compost. *Journal of Crop Production*, 12(1), pp.31-44. [In Persian]. https://doi.org/10.47176/jcpp.12.1.33572

Varnaseri Ghandali, V., Moghaddam, P. R. and Khorramdel, S. 2016. Investigation of yield and yield components of canary seed forage (*Phalaris canariensis* L.) in response to different levels of irrigation, organic and chemical fertilizers and their integration. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 14(3), pp.526-538. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/GSC.V14I3.47508

Zare, L., Ronaghi, A., Ghasemi, R. and Mousavi, S. A. 2016. The effect of vermicompost on reducing the adverse effects of water stress on growth and chemical composition of corn in a calcareous soil. *Journal of Water and Soil Conservation*, 30(5), pp.1607-1619. [In Persian].